



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**MODELAGEM ESPACIAL PARA ALOCAÇÃO DE TORRES DE DETECÇÃO  
DE INCÊNDIOS NA FAZENDA ÁGUA LIMPA, DF**

Arthur de Moura Carvalho

Brasília-DF  
2020

Arthur de Moura Carvalho

**MODELAGEM ESPACIAL PARA ALOCAÇÃO DE TORRES DE DETECÇÃO  
DE INCÊNDIOS NA FAZENDA ÁGUA LIMPA, DF**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa de Carvalho

Brasília-DF  
2020

CARVALHO, Arthur de Moura  
MODELAGEM ESPACIAL PARA ALOCAÇÃO DE TORRES DE DETECÇÃO DE  
INCÊNDIOS NA FAZENDA ÁGUA LIMPA, DF/ Arthur de Moura Carvalho, Brasília-  
DF, Setembro de 2020. Total de f.46 Monografia – Universidade de Brasília,  
Engenharia Florestal.  
Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa de Carvalho.

Brasília-DF  
2020

*“Eu gostaria de ser um homem  
que amou profundamente o mundo, os bichos,  
as árvores, as águas, a vida.”*

Paulo Freire

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeira instância aos meus pais, que me trouxeram ao mundo e me deram todas as oportunidades de chegar onde estou, em especial a minha mãe Lídia, a qual me deu todo apoio, carinho e conforto nos momentos mais difíceis, também ao meu pai Hamilton, por todo apoio e incentivo. Aos meus avós Juranice e Ademir, por toda sua paciência, compreensão e amparo nessa longa caminhada, a Carla Valéria, a qual me deu imenso carinho e me aguentou todos esses anos com alegria e espontaneidade, a minha madrinha Elenize, as minhas irmãs Marina e Clara, ao meu irmão Lucas, ao meu sobrinho Miguel, as minhas tias e tios e minhas primas e primos pelo apoio fundamental.

Meus sinceros agradecimentos aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, principalmente ao meu orientador Prof. Dr. Daniel de Carvalho, pelo suporte, competência e comprometimento com o projeto, também ao Prof. Dr. Eraldo Matricardi, pelo apoio com a realização do sensoriamento e pelo esforço em encontrar um orientador e ao Prof. Dr. Mauro Nappo, pela ideia da realização desse trabalho.

Não posso esquecer de agradecer a Letícia Nakamura, por todo seu carinho, companherismo e paciência na elaboração do meu projeto, a Júlia Gabriela, a qual sem ela não chegaria nem a metade do curso, tanto pela parte acadêmica quanto por sua amizade, e aproveito pra agradecer a todas as amigas e os amigos, aos quais sem eles não teria a capacidade psicológica de terminar algo que exige tanto de nossa saúde mental.

Por fim, agradeço a Universidade de Brasília pela oportunidade e me transformar em quem sou, e ao Centro Acadêmico de Engenharia Florestal, ao qual passei a maior parte da minha graduação e onde aprendi que a universidade é bem mais que apenas salas de aulas e professores.

## RESUMO

Incêndios representam uma das maiores ameaças para a perda da biodiversidade, além de corroborar com impactos negativos para a saúde humana e para a natureza. Dentre os principais procedimentos para mitigação dos incêndios está a fiscalização. Para uma eficiente vigilância é necessária uma boa visualização da área, de modo a acelerar a detecção do incêndio e seu primeiro combate. Neste contexto o principal objetivo desta pesquisa foi determinar os melhores pontos para alocação de torres de observação de incêndio em áreas de Cerrado *lato sensu* da Fazenda Água Limpa (FAL) pertencente a Universidade de Brasília (UnB). A FAL se integra a Área de Proteção Ambiental Gama e Cabeça de Veado, compondo a Reserva Biológica do ICMBio, além de apresentar pequenas fazendas e área urbana. Os dados desta pesquisa foram processados no Laboratório de Geoprocessamento Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UnB. Para desenvolver esta pesquisa foram aplicadas técnicas de Geoprocessamento e modelagem espacial. Para avaliar os melhores pontos para alocação das torres de observação foram utilizados aspectos de presença humana, geográficos, fator de risco de incêndio e a visibilidade das torres. As regiões de maior risco de incêndio foram associadas a proximidade com estradas e áreas urbanas, onde mais próxima a essas áreas maior a propabilidade de o início de uma combustão por humanos. Outras áreas de maior risco de incidência de incêndio são onde há vegetação com partículas menores, declividade mais elevada e encostas orientadas para o Norte geográfico, de modo a serem mais propensos a se iniciar um incêndio natural e propagá-lo, aumentando sua proporção. Verificou-se que a torre já existente na FAL possui uma visibilidade de 7.478 ha da fumaça (10m de altura), enquanto a implementação das novas torres com a mesma altura e estrategicamente posicionadas, traria a visibilidade de 10.932 ha, representando um aumento de 30% no percentual de visibilidade do solo e cerca de 20% na visibilidade da fumaça. A união de todos os fatores possibilitou a realização de um mapa de risco de incêndio, elucidado através de um mapa com ocorrência de incêndios na região. Portanto, esta pesquisa se mostrou essencial para determinação da melhor alocação de torres de observação de incêndio em áreas de Cerrado *lato sensu*.

**Palavras-chave:** fogo, geoprocessamento, Cerrado.

## **ABSTRACT**

Fires represent one of the greatest threats to biodiversity loss, in addition to corroborating negative impacts on human health and nature. Among the main procedures for mitigating fires is surveillance. For an efficient supervision it is necessary a good visualization of the area, in order to accelerate the detection of the fire and its first combat. In this context the main objective of this research was to determine the best places for allocating fire observation towers in Cerrado lato sensu of Fazenda Água Limpa (FAL) belonging to the University of Brasília (UnB). FAL is part of the Environmental Protection Area Gama Cabeça de Veado, integrating the ICMBio Biological Reserve, in addition to presenting small farms and urban areas. The data for this research were processed at the Forest Geoprocessing Laboratory of the Department of Forest Engineering at UnB. To develop this research, geoprocessing and spatial modeling techniques were applied. To assess the best points for the allocation of observation towers, aspects of human presence, geography, the fire risk factor and the visibility of the towers were considered. The regions with the highest risk of fire were associated with proximity to roads and urban areas, where closer to these areas the greater the likelihood of the start of combustion by humans. Other areas with a higher risk of fire are where there is vegetation with smaller, higher slopes and slopes oriented towards the geographic North, in order to be more likely to start a natural fire and spread it, increasing its proportion. It was found that the existing tower at FAL has a visibility of 7.478 ha of smoke (at a height of 10m), while the implementation of the new towers would bring 10.932 ha of it, representing a 30% increase in the percentage of soil visibility and about 20% in smoke visibility. The combination of all factors made it possible to create a fire risk map, which was elucidated through a map with the occurrence of fires in the region. Therefore, this research proved to be essential for determining the best allocation of fire observation towers in Cerrado lato sensu areas. The main objective studied was the allocation of the best fire observation towers using the Geographic Information System. Being analyzed a fire risk factor linked to the

visibility of the towers, so that the factors are defined by the human presence and geographical aspects of the area. The regions with the highest fire risk were associated with proximity to roads and urban areas, where closer to these areas the greater the likelihood of the start of combustion by humans. Other areas with a higher risk of fire incidence are where there is vegetation with smaller particles, higher slope and slopes oriented towards the geographic North, in order to be more prone to start a natural fire and propagate it, increasing its proportion. The combination of all factors made it possible to create a fire risk map, which was elucidated through a map with the occurrence of fires in the region. Thus, this risk map becomes essential to determine the best allocation for fire observation towers.

**Key words:** fire, geoprocessing, Cerrado



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fitofisionomias do cerrado_____	15
FIGURA 2 – Triângulo do fogo_____	16
FIGURA 3 – Uso do Solo da Fazenda Água Limpa_____	21
FIGURA 4 – Classificação do risco pelo uso e cobertura vegetal_____	29
FIGURA 5A – Classificação do risco pela distância das áreas urbanas_____	31
FIGURA 5B – Classificação do risco pela distância das estradas_____	31
FIGURA 6 – Classificação do risco pela declividade_____	32
FIGURA 7 –Classificação do risco pela direção das encostas_____	33
FIGURA 8 - Risco de incêndio na Fazenda Água Limpa_____	35
FIGURA 9 – Incêndios ocorridos na área da FAL de 1987 a 2017_____	37
FIGURA 10 - Visibilidade do nível do solo (0m) apartir da torre atual_____	38
FIGURA 11 - Visibilidade da fumaça (10m) apartir da torre atual_____	39
FIGURA 12 - Visibilidade do nível do solo (0m) apartir da torre atual com um aumento para 55m_____	40
FIGURA 13 – Visibilidade da fumaça (10m) apartir da torre atual com um aumento para 55m_____	40
FIGURA 14- Visibilidade do nível do solo (0m) apartir da implementação de novas torres e da atual_____	41
FIGURA 15- Visibilidade da fumaça (10m) apartir da implementação de novas torres e da atual_____	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de risco segundo o uso e cobertura vegetal_____	23
Tabela 2- Classificação de risco segundo as estradas_____	24
Tabela 3- Classificação de risco segundo as áreas urbanas_____	25
Tabela 4 – Classificação de risco segundo a declividade_____	25
Tabela 5 – Classificação de risco segundo a orientação das encostas_____	26
Tabela 6 – Classes de Risco_____	26
Tabela 7 – Áreas em função do risco por meio do uso e cobertura vegetal para o limite da FAL_____	29
Tabela 8 – Áreas em função do risco por meio da distância das zonas urbanas para o limite da FAL_____	30
Tabela 9 – Áreas em função do risco por meio da distância das estradas para o limite da FAL_____	30
Tabela 10 – Áreas em função do risco por meio da declividade para o limite da FAL_____	32
Tabela 11 – Áreas em função do risco por meio da direção das encostas para o limite da FAL_____	34
Tabela 12 – Áreas em função do risco de incêndio para o limite da FAL_____	35
Tabela 13- Áreas de visibilidade das torres de observação de incêndio em relação a área total_____	37
Tabela 14 – Áreas de visibilidade nos limites da FAL_____	39
Tabela 15 – Área de visibilidade dos risco alto, muito alto e extremo_____	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

IBGE \_\_\_\_\_ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

FAL \_\_\_\_\_ Fazenda Água Limpa

SIG \_\_\_\_\_ Sistema de Informações Geográficas

GDF \_\_\_\_\_ Governo do Distrito Federal

PDOT \_\_\_\_\_ Plano Diretor de Ordenamento Territorial

# Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	14
3.1 Cerrado.....	14
3.2 Fogo.....	16
3.3 Prevenção e combate ao fogo.....	17
3.4 Utilização do SIG para prevenção e controle de incêndios florestais .....	18
3.5 Detecção de Incêndios Florestais por Torres de Observação .....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1 Área de estudo .....	20
4.2 Base de Dados .....	21
4.3 Mapa de risco de Incêndio Florestal .....	22
4.4 Uso do Solo e Vegetação.....	23
4.5 Influência Humana .....	24
4.6 Declividade .....	25
4.7 Orientação das encostas .....	25
4.8 Risco de Incêndio .....	26
4.9 Escolha do lugar de instalação das Torres de Observação .....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1 Zona de risco de incêndio .....	28
5.1.1 Uso do solo e vegetação.....	28
5.1.2 Influências humanas.....	30
5.1.3 Declividade .....	31
5.1.4 Direção das Encostas.....	32
5.1.5 Risco de Incêndio.....	34
5.2 Visibilidade .....	37
6. CONCLUSÃO .....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado está localizado majoritariamente no Planalto Central do Brasil, sendo considerado o segundo maior bioma do país em área, superado apenas pela Floresta Amazônica. O bioma Cerrado ocupa mais de 200.000.000 ha, o que representa cerca de 23% do território brasileiro (Ribeiro e Walter, 2008). A biodiversidade do Cerrado é elevada, porém geralmente não se dá a devida importância. Com mais de 7.000 espécies de plantas vasculares e com cerca de 44% dessa flora endêmica, o Cerrado é a savana tropical mais diversa do planeta, além de possuir uma grande heterogeneidade de habitats e elevado turnover de espécies (Klink e Machado, 2005).

A respeito da conservação da biodiversidade, a Unesco (2002) considera como “*hotspots*”, que são as áreas com elevada biodiversidade e que podem estar ameaçado de extinção, algumas unidades de conservação do Distrito Federal, todas as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), Parque Nacional de Brasília (PNB), Reserva Ecológica do IBGE (IBGE), Jardim Botânico de Brasília (JBB) e a Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB).

Neste ambiente o clima é estacional, com o período chuvoso, que dura de outubro a março, é seguido por um período seco, de abril a setembro. Dessa forma, o risco de acontecimentos de incêndios nesse bioma se torna muito alto e acaba por devastar uma grande área, de tal forma que a prevenção de incêndios para a conservação de uma alta biodiversidade se torna imprescindível. Vale esclarecer que o incêndio florestal é todo fogo sem controle sobre qualquer tipo vegetação, podendo ser provocado pelo homem (intencionalmente ou por negligência), ou por fonte natural (raio). As queimadas são práticas comuns em várias vegetações, onde o fogo é utilizado de forma controlada, atuando como fator de produção (IBAMA, 2007).

Anualmente, os incêndios florestais atingem grandes áreas nas unidades de conservação brasileiras. No Distrito Federal todos os anos são detectados focos ativos de incêndio, principalmente entre os meses de estiagem. Em 2014, foram detectadas 3.837 ocorrências de incêndios florestais, que atingiram diretamente 7.415 hectares de vegetação do cerrado (GPRAM, 2015),

causando a degradação dos solos, danos aos recursos hídricos e piora na qualidade do ar. Além destes danos causados aos recursos abióticos, os incêndios acarretam prejuízos à vida humana, fauna e flora e significativas perdas nos estoques de carbono e nutrientes na biomassa vegetal e da madeira (Pereira et al., 2004).

Diante das grandes ameaças a qualidade de vida humana, a diversidade e as diferentes funções ecossistêmicas, a prevenção é a forma mais lógica e correta para se combater incêndios. Viabilizando a conscientização da população, por exemplo, de forma que esta compreenda os perigos em causar um incêndio. Também se deve utilizar técnicas de controle sobre o material combustível, como a própria madeira e galhos secos (Soares e Batista, 1998). Outra forma de prevenção e redução de impactos são as instalações de torres de observação de incêndios, muito eficiente na redução do tempo necessário para iniciar o primeiro combate (Assis et al., 2014). Para instalação das torres e para sua melhor eficácia ao atingirem uma maior área de abrangência são necessários estudos das características topográficas da região, cálculos do alcance visual dos operadores das torres e análises de mapas dos riscos de incêndios, com base nos registros de ocorrências anteriores (Venturi, 2006).

Atualmente, umas das ferramentas tecnológicas utilizadas para a prevenção e combate aos incêndios são os Sistemas de Informações geográficas (SIG) e geoprocessamento (Nogueira et al., 2002). Estas técnicas se mostram eficazes na determinação de diversos fatores para a detecção de locais mais prováveis do foco de incêndio, elaboração das melhores rotas para equipes de combate ao fogo e ainda melhores locais para alocação de torres de observação da área (Assis et al., 2014).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente estudo tem por objetivo determinar e propor alocação específica para instalação de torres de observação de incêndios florestais para os ambientes de Cerrado lato sensu na FAL, otimizando a eficácia destas torres.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar áreas de maior risco de ocorrências de incêndios florestais analisando as ameaças e vulnerabilidades do ambiente;
- Avaliar a melhor localização e a quantidade de torres de observação de incêndios florestais, necessárias para cobrir toda a área de estudo, considerando as variáveis topográficas, o histórico de incêndios da região e o alcance visual do operador;
- Determinar as áreas visíveis e não visíveis em um sistema de vigilância por torres, considerando a altura da vegetação;
- Avaliar a eficiência da distribuição espacial das torres de vigilância, por meio da análise de visibilidade geral de todas as áreas e análise de visibilidade específica das áreas de maior risco a incêndios.

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 Cerrado**

O Cerrado possui inúmeras definições, entretanto, todas elas tiveram a cautela de incluir aspectos fisionômicos, climáticos, geográficos, florísticos, ecológicos (como a competição), de eventos como o fogo, além de sugerir dinâmica e, apesar de não ser citado nas definições, há também a interferência antrópica na caracterização do bioma (Walter, 2006).

A vegetação encontrada neste Bioma apresenta fisionomias pertencentes a formações florestais, savânicas e campestre (Ribeiro e Walter, 2008) (Figura 1). As florestas são áreas com espécies predominantemente arbóreas, com formação de dossel geralmente contínuo (Ribeiro e Walter, 2008). Destacamos, que savana refere-se a árvores e arbustos em competição com espécies gramíneas, sem formar dossel contínuo. Por fim, as formações campestres são fitofisionomias dominadas por espécies herbáceas, com poucos arbustos, com ou sem árvores na sua composição (Ribeiro e Walter, 2008). Todavia, outra classificação de cerrado pode ser encontrada em Munhoz et al. (2005), que define as fisionomias com um gradiente de campo limpo, onde as árvores cobrem menos de 10% do terreno, até o cerradão com 70% de cobertura de

copas, apresentando como dominante nas áreas mais abertas estrato herbáceo-subarbusivo.

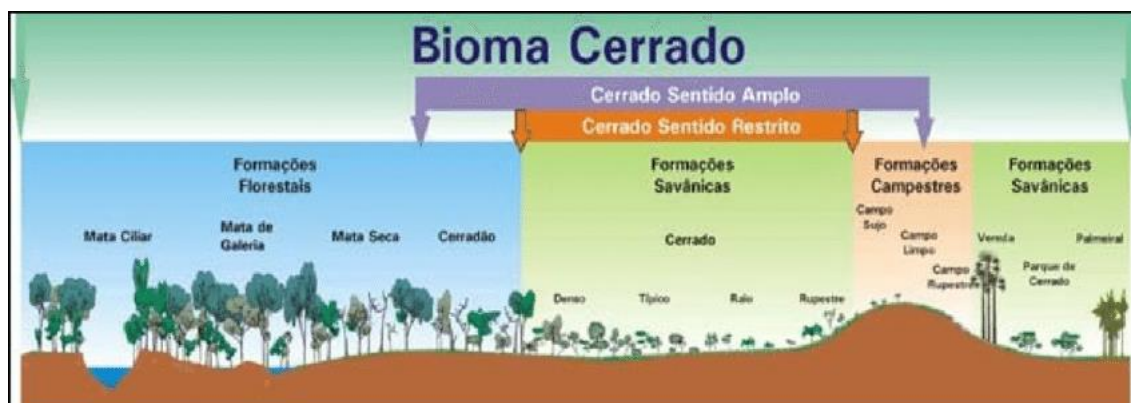


Figura 1 – Fitofisionomias do Cerrado. Fonte: Ribeiro e Walter, 2008.

O Cerrado possui uma das floras mais ricas das savanas do mundo (Felfili e Felfili, 2001). Com um total de 11.242 espécies e maior proporção de herbáceas do que arbóreas, possui maior área ocupada por formações savânicas e campestres em relação às florestais (Mendonça et al., 2008).

O fogo é considerado um dos fatores determinantes da vegetação do Cerrado (Felfili et al., 2001; Rios, 2016). Pode ter origem natural ou antrópica, e tem o ser humano como principal agente causador dos incêndios (Rios, 2016; Miranda et al., 2010). Apesar da vegetação do Cerrado se apresentar resiliente ao fogo (Rios, 2016; Miranda et al., 2004; Felfili et al., 2001), podem ocorrer alterações fenotípicas, florísticas e funcionais nas espécies vegetais do cerrado (Silva et al., 2011). Além disso, o fogo apresenta-se como um algo natural e da dinâmica da vegetação do Cerrado, uma vez que antes da ocupação humana já havia ocorrência de fogo (Miranda et al., 2002; Moreira et al., 2020).

Ainda, o fogo parece excluir homoganeamente espécies de todas as principais linhagens de plantas, sem excluir, contudo, linhagens inteiras, afetando diluidamente a estrutura filogenética da comunidade (Silva et al., 2011). Além disso, o fogo pode favorecer leguminosas, que por sua vez modificam a fixação de nitrogênio ou interação com pH e alumínio do solo, limitando recursos para as plantas (Silva et al., 2011; Silva e Batalha 2008). Contudo, o fogo auxilia na redução de biomassa, evitando assim incêndios de alta intensidade (Silva et al., 2011; Cianciaruso et al. 2010). Estes eventos



também podem proporcionar a rebrota de algumas espécies, através das copas, dos rizomas, dos caules, da raiz e das estruturas subterrâneas (Fiedler, 2004; Lima, 2017).

De acordo com Fiedler et al. (2004), o Cerrado está muito ameaçado, decorrente da ocupação desordenada, expansão urbana e agropecuária, da exploração irracional e do uso inadequado do fogo.

### 3.2 Fogo

O fogo em si só será concebido com a ocorrência de três elementos, o chamado triângulo do fogo (Figura 2), sendo eles o combustível, o comburente e o calor. O combustível é responsável pela propagação do fogo, como ramos secos, mato seco e madeira. O comburente irá se associar quimicamente ao combustível e o faz entrar em combustão, um exemplo é o oxigênio. A fonte de calor faz com que a combustão se processe, ou seja, permite a ação dos outros dois elementos. Temos ainda o “ponto de inflamação” ou “temperatura de ignição”, sendo a temperatura mínima nos quais os gases libertados dos corpos combustíveis entram em combustão ao entrar em contato com uma fonte de calor externa (Venturi, 2006; Soares, 1984).



Figura 2 – Triângulo do fogo. Fonte: Venturi, 2006.

O fogo é utilizado como um método para renovar a pastagem e realizar a limpeza de áreas. Porém, geralmente é realizado sem as precauções com a segurança, tanto na área a ser queimada, quanto no entorno (Fiedler, 2004). Desse modo, pode ser observada a formação de incêndios, que de acordo com o IBAMA (2007), é todo fogo sem controle sobre qualquer tipo vegetação.

A incidência de fogo no Cerrado é sazonal, visto que ao longo da estação chuvosa ocorre um incremento elevado na quantidade de biomassa da

vegetação, ao passo que na estação seca a biomassa fica mais suscetível (Miranda et al., 2010; Silva, 2018).

Desse modo, há alguns tipos de vegetação mais propícios a incidência do fogo, sendo elas naturais ou plantadas. Isto pode ser melhor analisado em áreas com maiores espécies com ceras e óleos, acrescidos de florestas de resinosas, as quais apresentam características inflamáveis nas resinas (Soares, 1984; Soares e Batista, 2007).

Também foi elucidado por Soares (1984) que florestas densas irão reter mais calor, reduzindo o calor do ambiente, além de evitar correntes de ar livre, diminuindo a velocidade do vento e reduzindo, desse modo, as chances de ocorrência de fogo. Podemos concluir, em adição ao proposto anterior, que florestas plantadas são mais propensas aos incêndios florestais que florestas naturais preservadas.

### **3.3 Prevenção e combate ao fogo**

O combate depende das condições ambientais na área e também de medidas para se evitar o alastramento do fogo. Logo, é imprescindível a realização de um plano de prevenção e combate a incêndios florestais eficiente. Esse plano deve ser simples, deve apresentar as estatísticas e aspectos gerais da área, além de apresentar informações essenciais, como a região de ocorrência, a causa do incêndio, o período de ocorrência, a classe do material combustível e a zona prioritária de proteção (Oliveira, 2017).

De acordo com Soares e Batista (2007) o combate ao incêndio possui seis etapas: a detecção, a mobilização, o deslocamento, o planejamento para o combate e o combate em si. Mesmo com um ótimo plano de prevenção não é possível evitar o incêndio florestal ser iniciado. Buscando um maior êxito na proteção da floresta deve-se definir onde haverá maior chance de ocorrência dos incêndios, possibilitando um foco no combate. (Venturi, 2006).

Além disso, para um bom combate e prevenção é necessário ter à disposição um grupo de brigadistas treinados e com conhecimento na área. Também se faz do uso de técnicas de combate terrestre e aéreo, bem como a utilização de aceiros artificiais (estradas, barragens, retirada de vegetação e o

contra fogo também chamado de aceiro negro) e naturais ( rios, lagos e vegetações pedregosas), também a utilização de bombas costais, abafadores e aviões que despejam água sobre os incêndios (Costa, 2006).

Soares (1985) traz a informação de que a análise e a definição ao longo do tempo dos locais que ocorreram os incêndios, possibilita a melhor compreensão das áreas de maior incidência do fogo, auxiliando na criação de medidas preventivas especiais para aquela área. Além disso, a determinação de índices de perigo de incêndio devem ser levadas em consideração para elaboração de medidas especiais, de forma mais econômica e de mais fácil realização (Venturi, 2006).

Pode-se concluir por Costa (2006) que a vigilância e a observação dos incêndios florestais, aliadas ao transporte dos brigadistas e toda logística de apoio, reduzem o tempo de primeiro combate e possibilitam resultados positivos nas ações de prevenção e combate. Tem-se, então, alguns meios de proporcionar tal detecção e acompanhamento do fogo, como o uso de aeronaves, sistemas de monitoramento por satélites e ainda a utilização de torres de observação de incêndio.

### **3.4 Utilização do SIG para prevenção e controle de incêndios florestais**

O plano de combate e prevenção não será possível sem um conjunto de informações, essenciais nas etapas de combate ao fogo. A ferramenta SIG propicia um ambiente tanto para armazenar, quanto para corrigir, se necessário, bancos de dados com informações geográficas, levantamentos topográficos, incluindo dados meteorológicos e dados cadastrais dos locais de incêndios frequentes (Venturi, 2006).

Segundo Costa (2006), o Sistema de Informações Geográficas possui uma estrutura de cinco subsistemas:

- Definição: Onde ocorre o preparo do ambiente de trabalho;
- Entrada: Inserção e elaboração de dados, como atributos;
- Conversão: Realizando transformações dos formatos e transformações geométricas, tais quais mudança de raster para shapefile e mudanças de datum;

- **Análise Geográfica:** Traz informações geográficas derivadas, utilizando algumas ferramentas capazes de definir relevo, visibilidade do terreno e medir áreas.
- **Saída:** Ocorrendo a formação de cartografias, projeções geométrica planas de modelos 3D, impressão dos dados no monitor e, ainda geração de arquivos digitais em diversos formatos, dependendo do sistema utilizado.

Desse modo, o SIG pode ser utilizado no combate e prevenção, realizando mapas estratégicos de combate, localizando estradas, corpos d'água e mapas de riscos de incêndios (Silveira et al., 2008). Além disso, utilizam-se de mapas temáticos com o uso da terra (tipo de material combustível), condições topográficas, exposição do terreno, dentre outros aspectos capazes de definir as áreas mais propensas aos incêndios florestais (Torres et al., 2017).

A definição das áreas de risco, assim como um correto treinamento e ainda a comunicação, ocorrida por meio das informações trazidas pelo SIG (focos de incêndio, topografia, etc.) são de fundamental importância para a realização de um plano eficiente de combate e prevenção aos incêndios florestais.

### **3.5 Detecção de Incêndios Florestais por Torres de Observação**

Uma forma de auxiliar o planejamento e combate ao fogo é a utilização de métodos como a vigilância terrestre por postos de vigilância e torres de observação (Batista, 2004). Este método consiste em auxiliar a detecção rápida do incêndio florestal, proporcionando uma ação eficaz no primeiro combate (Venturi, 2006). Também irá facilitar a localização do incêndio, a definição de melhores rotas para realizar o combate e ainda evitar o cercamento dos combatentes pelo fogo, mantendo sua integridade física.

Para se realizar estudos do melhor local para a construção de torres, Nogueira et al. (2002) utilizou-se do ambiente SIG para utilizar as características do relevo, em conjunto com uma ferramenta de análise de visibilidade. Antes do advento dos sistemas de informações geográficas, os estudos de visibilidade eram conduzidos de forma manual, assinalando-se em

mapas planialtimétricos as áreas de maior altitude e a partir destes pontos, traçavam-se perfis com raios pré-definidos. Tal método, por ser realizado manualmente, se mostrava lento, trabalhoso e ineficaz (Venturi, 2006).

A instalação e o número de torres utilizadas para abranger uma área de interesse demanda estudos preliminares, que incluem análises do relevo por meio de mapas planialtimétricos, alcance visual dos operadores das torres e altura de construção das torres (Soares, 1984; Moreira et al., 2020).

Estas torres de vigilância são normalmente construídas de madeira ou metal, com altura variando de 10 a 40 metros, dependendo das características do local onde são construídas, possui ainda uma cabine fechada, possibilitando boa visibilidade ao operador. Vale destacar que a experiência atrelada às técnicas de observação e atenção do observador permitem uma detecção mais veloz e eficaz. São equipadas com um goniômetro, rádio transmissor e, em alguns casos, um sistema de câmeras com infravermelho, capaz de capturar os focos de calor e a presença do fogo. O goniômetro é um instrumento dotado de um visor acoplado sob um eixo que possui movimento rotatório. Este aparelho possui em sua base um círculo graduado fixo permitindo a determinação da direção da fumaça. Olhando-se através do visor para o local da fumaça, um indicador acoplado ao visor apontará no círculo graduado o azimute do local do incêndio (Venturi, 2006).

Uma torre de observação com triangulação e construção nos locais mais adequados, é considerado um efetivo método e traz melhora para a fiscalização e o controle da área pretendida a se fazer a prevenção e o combate (Fiedler e Medeiros, 2002; Moreira et al. 2020).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

Esta pesquisa foi realizada na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília denominada Fazenda Água Limpa (FAL). A FAL está situada a 30 km do Plano Piloto de Brasília-DF, nas coordenadas 15° 56'- 15° 59' S e 47° 55'-47° 58' WGr e a uma altitude de 1.100 m. O solo é predominantemente o Latossolo Vermelho-Amarelo, pobre em nutrientes e com um alto teor de alumínio(Alvarez et al., 2013). O clima da região é do tipo Aw,

segundo a classificação de Köppen, sendo a precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C em média (Klink e Machado, 2005).

A FAL tem uma área total de 4.340 ha, sendo 2.340 ha para preservação, 800 ha para conservação e 1.200 ha para a produção (FAL, 2019). Para realizar o processamento dos dados na ferramenta Arcgis, utilizou-se um *shapefile* com uma área de aproximadamente 4260 ha. Para esta pesquisa foram consideradas as áreas de preservação e conservação que contemplam algumas fitofisionomias do Bioma Cerrado, como o Campo Limpo e Sujo, Cerrado Típico, Parque de Cerrado e Mata de Galeria (Figura 3).

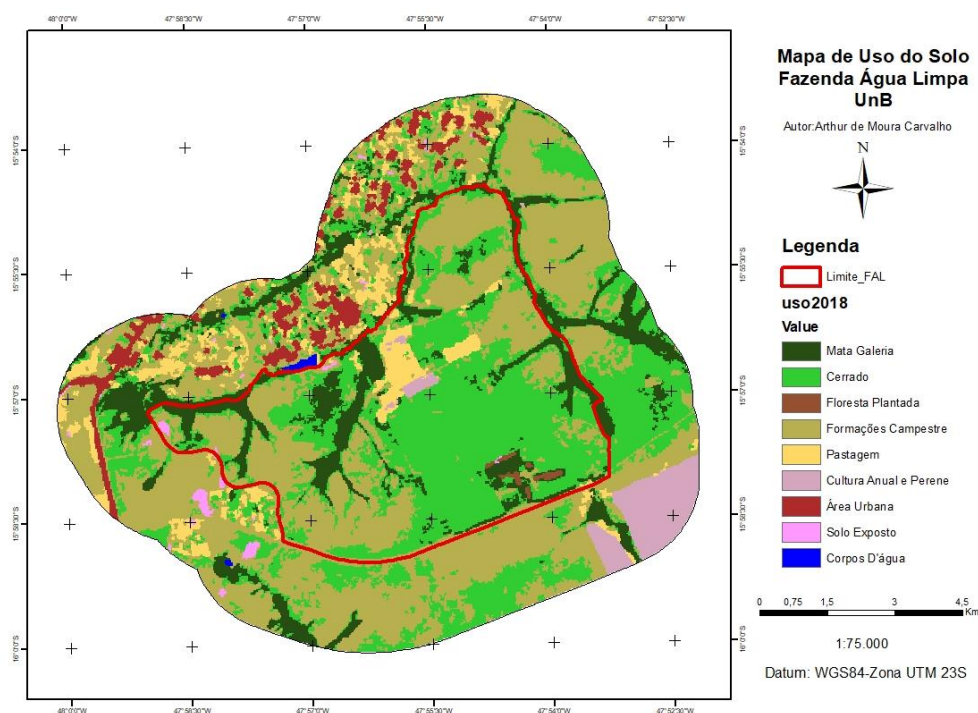


Figura 3 – Uso do Solo da Fazenda Água Limpa. Fonte: MapBiomias.

## 4.2 Base de Dados

Para realizar e desenvolver os produtos gerados no presente estudo, foi necessário o uso de *softwares* que permitiram a interligação de dados geográficos com a base de dados que possibilitaram a análise e interpretação dos elementos necessários para a representação fisionômica da área estudada, além de seu relevo e outros aspectos topográficos. Assim, a base e os *softwares* usados foram:

- Mapa de vegetação (Fonte:MapBiomias)
- Mapa de vias (Fonte:GDF)

- Mapa de PDOT (Fonte: GDF)
- Mapa de Elevação Altimétrica (Fonte: GDF)
- *Software* Arcgis 10.5

#### **4.3 Mapa de risco de Incêndio Florestal**

Todos os dados foram utilizados em formato raster, para poder realizar os cálculos algébricos das informações do mapa. As imagens utilizadas foram todas convertidas para WGS 1984 UTM ZONE 23S. Foi utilizado a *krikagem*, ao qual irá utilizar da regressão para interpolar ou aproximar os valores dos erros dos pixels e deixar todas com resolução de 30m. A partir de um modelo digital de elevação foram gerados os cartogramas de declividade (Figura 6) e exposição das vertentes (Figura 7).

O método consistiu na elaboração de mapas de risco preliminares para cada variável em estudo: uso e ocupação do solo, presença humana e suas influências, declividade do terreno e orientação das encostas. De tal modo, a levar em consideração a possibilidade de gerar diversas equações com pesos e variáveis distintas para gerar tais mapas de risco, como demonstra Oliveira (2002).

Ficou estabelecido um *buffer* de 2 km a partir do limite da fazenda, como zona de influência para o surgimento de focos de incêndios e uma zona de amortecimento dos impactos da Fazenda. Esta distância foi resultado da análise das propriedades que fazem limite com a FAL e suas atividades, bem como o histórico de queimadas. Em seguida, estes mapas foram integrados com o auxílio de um modelo de ponderação que indicou a importância de cada variável para a ocorrência e propagação dos incêndios na Fazenda Água Limpa.

Cada grupo é composto por uma série de variáveis e cada variável possui seu coeficiente que salienta o grau de relevância para a incidência e propagação do fogo (Oliveira, 2012). O mapa de risco de incêndio florestal é indicado como fator determinante das zonas de risco. Assim sendo, sua observação se torna de vital importância, principalmente no que diz respeito à visibilidade de torres de vigilância. (Venturi, 2006).

#### 4.4 Uso do Solo e Vegetação

Esta variável considerou os diversos tipos de uso e ocupação do solo presentes na FAL-UnB e entorno. Dessa forma, foram distribuídos em classes de risco, segundo a sua vulnerabilidade ao fogo, existindo os riscos baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. Por conseguinte, foi atribuído um coeficiente correlacionado ao risco da variável para realizar o mapa final de zoneamento de risco de incêndio para a Fazenda Água Limpa (Kroposki et al., 2011). Na tabela 1 estão representadas as relações entre o tipo de cobertura vegetal, o nível de risco de incêndio e seus respectivos coeficientes.

O plano de informação de uso e ocupação do solo foi agrupado nas seguintes classes: Área Urbana, Campo Limpo e Sujo, Cerrado, Mata de Galeria, Solo exposto e Corpos D'água. Cada classe de uso e ocupação do solo foi classificada de acordo com o grau de risco de incêndio adotada na metodologia.

As características do material combustível influenciam diretamente na propagação do fogo. Entre as características que auxiliam o fogo a se alastrar, o tamanho das partículas do material combustível tem importância fundamental. Portanto, neste estudo, a classe das formações campestre representa o material mais perigoso, em função das dimensões das partículas (Oliveira,2012).

Tabela 1 – Classificação de risco segundo o uso do solo e vegetação. Fonte:Adaptada de Oliveira, 2012.

Uso do solo e Vegetação	Nível de Risco	Coeficiente
<b>Corpos D'água</b>	Nulo	0
<b>Solo Exposto</b>	Baixo	1
<b>Mata</b>	Moderado	2
<b>Cerrado/Reflorestamento/ Área Urbana</b>	Alto	3
<b>Cultura Perene e Anual/ Pastagem</b>	Muito Alto	4
<b>Campo Limpo/ Sujo</b>	Extremo	5



#### 4.5 Influência Humana

A determinação da ameaça existente na área de estudo é influenciada pela interação dos aspectos humanos com o fogo na modificação da paisagem. Por exemplo, a presença de estradas evidencia um maior risco de incidência de incêndios, tendo em vista que ocorrem incêndios propositais às margens das rodovias (Venturi,2006).

Todavia, as estradas não são a única influência da presença humana. Nos conglomerados urbanos tendem a não ocorrer o fogo, entretanto, suas proximidades possuem inúmeros casos de incêndios. Incêndios nestas áreas são resultados da queima de lixo, aliada à limpeza de áreas agropecuárias por meio do fogo e também pequenas fogueiras em áreas recreativas (Oliveira, 2002).

Para o mapeamento de áreas críticas, aquelas que oferecem maior vulnerabilidade a incêndios, utilizou-se a base cartográfica e base cadastral do Governo do Distrito Federal (GDF). Para o cálculo das distâncias até a área crítica, foi realizado um cálculo por meio da distância Euclidiana, calculada com o Arcgis. De tal modo que cada valor gerado representa 50% do valor de presença humana.

Tabela 2- Classificação de risco segundo a distância Euclidiana das estradas.

<b>Distância(m)</b>	<b>Risco</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>0 - 2500</b>	Muito Alto	4
<b>2500 - 5000</b>	Moderado	2
<b>&gt;5000</b>	Baixo	1

Tabela 3- Classificação de risco segundo a distância Euclidiana das áreas urbanas.

<b>Distância(m)</b>	<b>Risco</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>0 – 500</b>	Nulo	0
<b>500 - 2500</b>	Muito Alto	4
<b>2500- 5000</b>	Moderado	2
<b>&gt;5000</b>	Baixo	1

#### 4.6 Declividade

Este plano considerou a inclinação do terreno como fator de propagação de incêndios. De acordo com Aguiar et al. (2015), locais onde a declividade é mais acentuada são considerados de maior risco, pois a transferência de calor é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação. O mapa de declividade foi obtido por meio da ferramenta *Slope* do ArcGis, utilizando um raster do Aster DEM, com a relação da altitude.

Tabela 4 – Classificação de risco segundo a declividade. Fonte:Adapatado de Aguiar et al., 2015.

Declividade(%)	Risco	Coeficiente
< 5	Baixo	1
5-10	Moderado	2
10-20	Alto	3
20-30	Muito Alto	4
>30	Extremo	5

#### 4.7 Orientação das encostas

A orientação das encostas se torna um risco de incêndio devido à grande exposição solar de algumas áreas do mapa. Nestes casos, a face norte é a de maior risco, em função do tempo de incidência de luz solar e da sua intensidade em épocas de estiagem (Koproski et al., 2011).

Para a representação da direção da encosta foi necessária a ferramenta *Aspect* localizada no *3D Analyst Tool* do ArcGis. Com isso, foi definido o grau de risco mais alto para as faces viradas ao norte, conforme evidenciado na tabela 4.

Tabela 5 – Classificação de risco segundo a orientação das encostas. Fonte:Oliveira, 2012.

Ângulo de Orientação	Risco	Coeficiente
112,5° a 247,5°SE/S/SW	Baixo	1
67,5° a 112,5° E	Muito Baixo	2
-1° a 0° Plano	Moderado	3
22,5° A 67,6° NE	Alto	4
247,5° a 337,5° NW/W	Muito Alto	5
337,5° a 22,5° N	Extremo	6

#### 4.8 Risco de Incêndio

A álgebra de mapas foi realizada no Arcgis 10.5, onde foram somados os coeficientes de risco de cada variável com seus respectivos pesos e foi gerado um mapa de risco de incêndio com as classes de variação estabelecidas. Nesse trabalho, o modelo de integração de dados foi expresso pela equação adaptada de Oliveira (2012).

$$\text{Risco: } 0,4V + 0,3PH + 0,2D + 0,1E$$

Uso vegetal (V), Presença Humana (PH), Declividade (D) e Orientação das encostas (E).

Os resultados possíveis das somatórias dos mapas preliminares de riscos variaram entre 0,45 e 4,8 pontos. De acordo com Koproski et al. (2011), as variáveis foram classificadas de baixo, moderado, alto, muito alto ou extremo risco de incêndio.

Estes valores foram a base para a elaboração do mapa final de zoneamento de risco de incêndio para a Fazenda Água Limpa. Na tabela abaixo estão representadas as relações entre a soma dos mapas de risco preliminares e as classes de risco de incêndio.

Tabela 6 – Classes de Risco. Fonte: Adaptada de Kroposki, 2011.

Soma dos Mapas de Risco	Classes de Risco
0,45 – 1,3	Baixo
1,3 – 2,2	Moderado
2,2 – 3,1	Alto
3,1 – 4,0	Muito Alto
4,0 – 4,8	Extremo

#### 4.9 Escolha do lugar de instalação das Torres de Observação

Para uma melhor eficácia na prevenção de incêndios é importante uma boa visibilidade da área nas torres de observação de incêndio. Assim sendo, para a determinação dos melhores locais foram utilizadas algumas variáveis:

- Visibilidade da torre em relação ao relevo;
- Proximidade das áreas de maior risco;
- Visibilidade das áreas de maior risco.

Após a escolha dos locais das torres foram realizadas as análises de visibilidade. Segundo Venturi (2006), a rugosidade da área proporciona uma diminuição no campo de visão da torre de incêndio, uma vez que os morros e declives podem ficar encobertos, acarretando em uma redução na detecção de alvos pelas torres de vigilância, justamente em áreas mais declivosas. As fontes das bases altimétricas foram as cartas digitais provenientes do GDF, com resolução de 30 m. A ferramenta utilizada foi a *Visibility*, encontrada no Arcgis pelo *Arctool box* na seção de *3D Analysis Tool*. Conforme utilizado em diversos estudos, tais quais Nogueira et al. (2002), Venturi (2006) e Assis et al. (2014).

A função *Visibility* permite manejar a análise de visibilidade em cada posição, por meio de parâmetros específicos. Para isto, basta criar um novo campo (coluna) na tabela de atributos do tema de pontos (ou linhas). O título de cada coluna indica as especificações: SPOT (elevação dos pontos), OFFSET A (altura dos pontos), OFFSET B (altura dos pontos a serem observados), AZIMUTH1 e AZIMUTH2 (ângulos – azimutes, definindo um setor horizontal), VERT1 e VERT2 (ângulos definindo um setor vertical) e RADIUS1 e RADIUS2 (raios de visão) (Nogueira et al., 2002). Visando o objetivo do presente estudo ocorreram dois parâmetros explicitados, sendo eles a altura das torres, utilizando o campo OFFSET A, cuja a altura fixada de 43 m, pois esta é a altura da atual torre de observação construída. O outro parâmetro é a elevação a qual a chama ou a fumaça podem subir e serem visualizada, que corresponde ao OFFSET B (10 m), levando em consideração que o fogo possui uma altura de 3 a 4 m nessas fitofisionomias e após 10 m de altura afeta-se a visibilidade da fumaça, o que carece de maior atenção e estudo para a confirmação. Não foram utilizadas as alturas das vegetações existentes na área para o cálculo das visibilidades, no entanto, grande parte de sua extensão é caracterizada por fitofisionomias campestres e savânicas que apresentam em média dossel baixo.

Duas variáveis tiveram grande importância na determinação da influência da torre para a prevenção e combate de incêndios: área de visibilidade dada por meio do modelo digital de terreno e a região em que está inserida, quanto mais próximo dos locais de maior risco melhor. Para tais

análises foram confeccionados mapas e calculadas as áreas de visibilidade de cada torre, a proximidade das torres e a área de visibilidade das zonas de risco (alto, muito alto e extremo). Somado a isso também foram analisadas as áreas de risco com relação à ocorrência de incêndios na região de 1987 a 2017, mapa obtido por meio de dados gerados em Souza (2017).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Zona de risco de incêndio**

#### **5.1.1 Uso do solo e vegetação**

Para o mapa de risco de incêndio, de acordo com a vegetação, foi possível registrar o risco baixo referente a solo exposto em 54,7 ha, e risco nulo em 17,1 ha (corpos d'água), totalizando 0,6% do total da área analisada nestes dois grupos de risco. A zona urbana (400,0 ha) foi classificada como risco alto de incêndio. Além desse uso, registrou-se alto risco para as fitofisionomias de Cerrado (3.643,7 ha) e Florestas Plantadas (25,6 ha), correspondendo a 35,3%. O risco moderado se apresentou nas áreas de mata de galeria (12,2%), englobando 1.400,13 ha. O risco de incêndio muito alto foi identificado em 1.019,07 ha disposto em pastagem (5,9%) e agricultura (3,0%). A maior ocorrência de toda a extensão do estudo foi o risco extremo, ao qual abrange áreas de campo limpo e campo sujo, somando 4.960,5 ha, um pouco menos de 50 % da área (43,1 ha). Logo, as regiões sudoeste e nordeste foram identificadas como as mais suscetíveis à ocorrência de incêndios na Fazenda e nos seus arredores (Figura 4). Contudo, tais áreas referem-se a área da fazenda e do buffer de 2 km ao seu arredor.

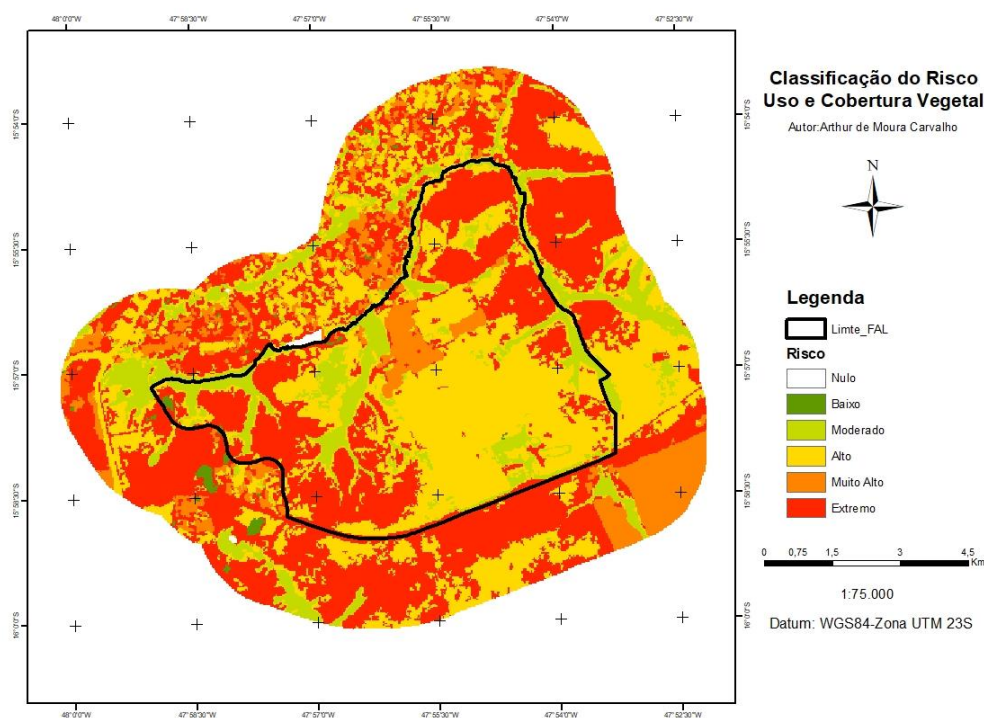


Figura 4 – Mapa de classificação do risco por meio do uso e cobertura vegetal.

Para a área da fazenda, apenas, os resultados foram apresentados na tabela 7. A presença das classes de risco nula e baixa foram as de menor incidência com uma soma de aproximadamente 10 ha. Seguidos pelas áreas dos riscos muito alto (4,4%) e moderado (14,4%), com áreas de 186,1 ha e 615,5 ha, respectivamente. O risco extremo (1471,5 ha) também se encontra em larga escala na área da fazenda, atingindo 34,5% do local. Entretanto, diferente do ocorrido para a área com o contorno aumentado em 2 km, o risco de maior aparição foi o alto, com 1979,6 ha. É importante ressaltar que apesar de ter uma vulnerabilidade elucidada em seu risco, cada tipo de vegetação sofrerá com o impacto de forma distinta. Dessa forma, vegetações com o risco baixo podem ter impactos maiores ao ser atingida por incêndios.

Tabela 7 – Áreas em função do risco por meio do uso e cobertura vegetal para o limite da FAL.

Risco	Área(ha)	% da área total
<b>Nulo</b>	0,4	0,01
<b>Baixo</b>	9,9	0,2
<b>Moderado</b>	615,5	14,4
<b>Alto</b>	1.979,6	46,4

<b>Muito Alto</b>	186,1	4,4
<b>Extremo</b>	1.471,5	34,5

### 5.1.2 Influências humanas

As influências humanas foram expostas nos mapas de risco utilizando a distância euclidiana tanto das áreas urbanas quanto das estradas (Figura 5A e 5B, respectivamente). O risco registrado variou entre três categorias nas áreas urbanas: nulo (37,3%), moderado (20,5%) e muito alto (42,2%). A maior parte da área registrada, circundante às zonas de ocupação urbana, com aproximadamente 4.860 ha, foi identificada como risco moderado de incêndio, em função de uma baixa influência de ações antrópicas, com 2.358,6 ha. As áreas nulas, relativas à área da zona urbana devido a ausência de combustível, representaram 4.298,0 ha.

Levando em conta apenas o limite da FAL, os valores para o risco nulo (10,0%) foram de 429,6 ha, o risco moderado atingiu 30,5% da área da fazenda e o risco muito alto obteve a maior área, com 2534,6 ha.

Tabela 8 – Áreas em função do risco por meio da distância das zonas urbanas para o limite da FAL.

<b>Risco</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da área total</b>
<b>Nulo</b>	429,6	10,0
<b>Moderado</b>	1.298,8	30,5
<b>Muito Alto</b>	2.534,6	59,5

Para a distância das estradas evidenciaram-se três categorias: riscos baixo, moderado e muito alto. As regiões das estradas e adjacente às mesmas foram classificadas como muito alto de risco, representando 41,86 % da área (4.821,66 ha). A existência recorrente de focos de calor (figura 8) nas proximidades da fazenda demonstram a influência das atividades realizadas nas propriedades vizinhas à FAL. De tal modo, percebem-se atividades voltadas para o uso público ocorrendo no local, tais como recreação, lazer e educação ambiental, sendo, portanto, necessária a proteção constante da área, principalmente em períodos secos e de maior risco de incêndio.

No que se refere à ocorrência na região da FAL, o risco moderado teve a maior porcentagem com mais da metade da área e um total próximo de 2.475

ha. O riscos baixo (12,3%) e muito alto (29,6%), somando juntos 1.787,4 ha, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Áreas em função do risco por meio da distância das estradas para o limite da FAL.

Risco	Área(ha)	% da área total
Baixo	524,4	12,3
Moderado	2.475,6	58,1
Muito Alto	1.263,0	29,6

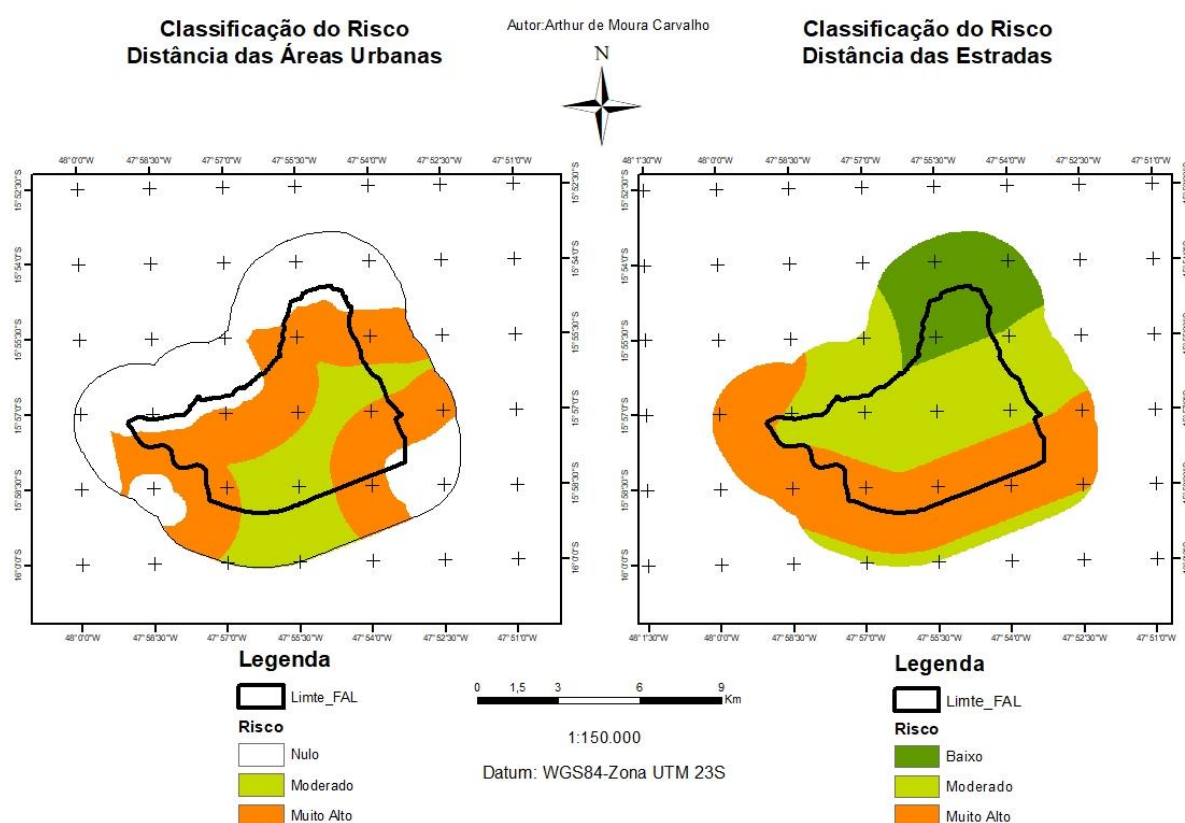


Figura 5 – Mapa de classificação do risco A) por meio das distância das áreas urbanas B) por meio da distância das estradas.

### 5.1.3 Declividade

A maioria das áreas da Fazenda se encontra em relevo plano, com alguns vales decorrentes da hidrografia e uma pequena região com picos de altitude na sua porção sudoeste (Figura 6). Contudo, as áreas de risco baixo apresentam 7.727,6 ha e as zonas de risco moderado apresentam 27,7% de ocupação de toda região estudada, com 3.195,9 ha, demonstrando a baixa declividade da área, onde até 10% de declividade representa 94,8%. As áreas



de risco alto representam 4,4%, computando 510,8 ha. Os riscos muito altos atingem apenas 71,6 ha e o risco extremo 15 ha.

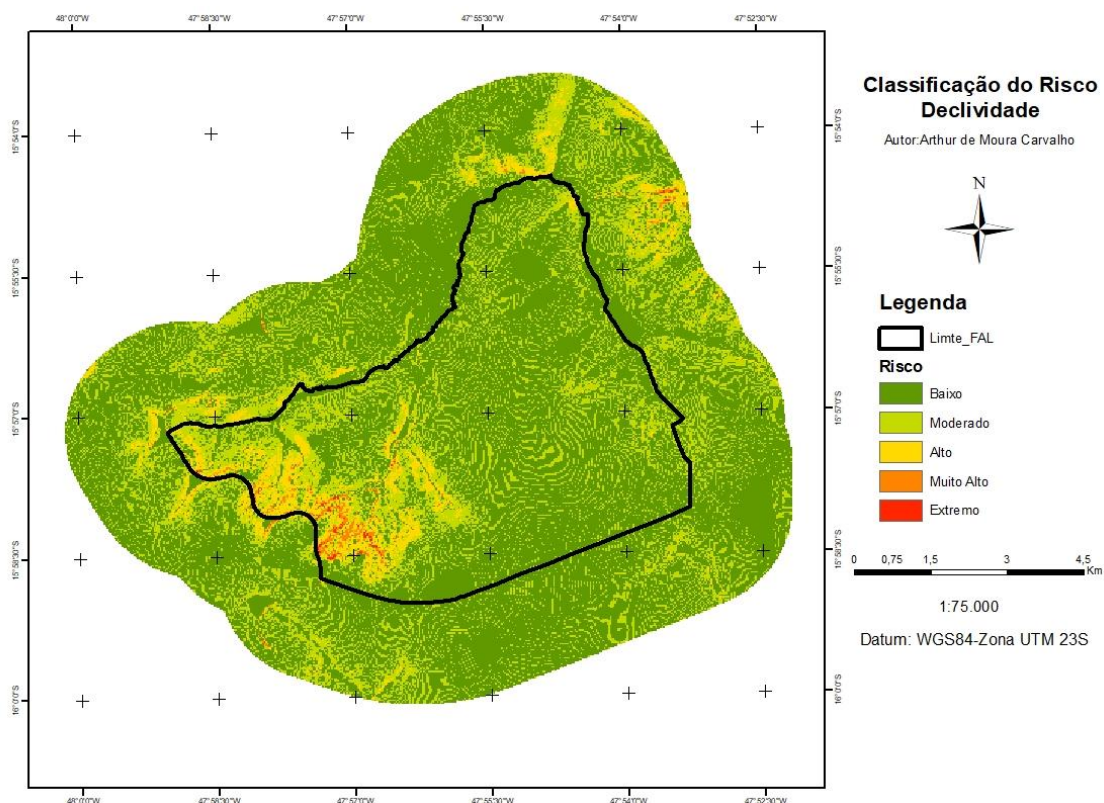


Figura 6 – Mapa de classificação do risco por meio da declividade.

Foi elaborada uma tabela com os dados das áreas em relação a declividade na área que delimita a Fazenda Água Limpa, sem o buffer de 2km (tabela 10). Com isso, foi observado novamente a baixa declividade da área, pois até 10% de declividade ocupou uma área maior que 90% de toda a FAL.

Tabela 10 – Áreas em função do risco por meio da declividade para o limite da FAL.

Risco	Área(ha)	% da área total
Baixo	2.732,1	64,1
Moderado	1.171,3	27,5
Alto	294,6	6,9
Muito Alto	53,4	1,3
Extremo	11,6	0,3

#### 5.1.4 Direção das Encostas

Para koproski (2011), a principal variável que se expressa no mapa de risco de incêndio por meio da orientação das encostas é a umidade do material combustível de forma indireta, uma vez que a taxa de iluminação incidente será

diferente e com isso a umidade irá variar. Assim sendo, tal mapa revelou que 19,97% (2500 ha) da área estudada foi classificada como risco baixo ou muito baixo. O risco alto (9,68% - 1.114,65 ha), distribuiu-se por toda a extensão do local, e o risco extremo (8,83% - 1.017 ha), também se espalha por toda a área de estudo, mas principalmente concentrado na região sudoeste. O risco muito alto teve uma grande aparição no mapa (13,94% - 1.600 ha). Por fim, o risco mais frequente foi o moderado (47,59% - 5.483,07 ha), tendo em vista que grande parte do terreno é plano e entrou nesse coeficiente da direção de encosta.

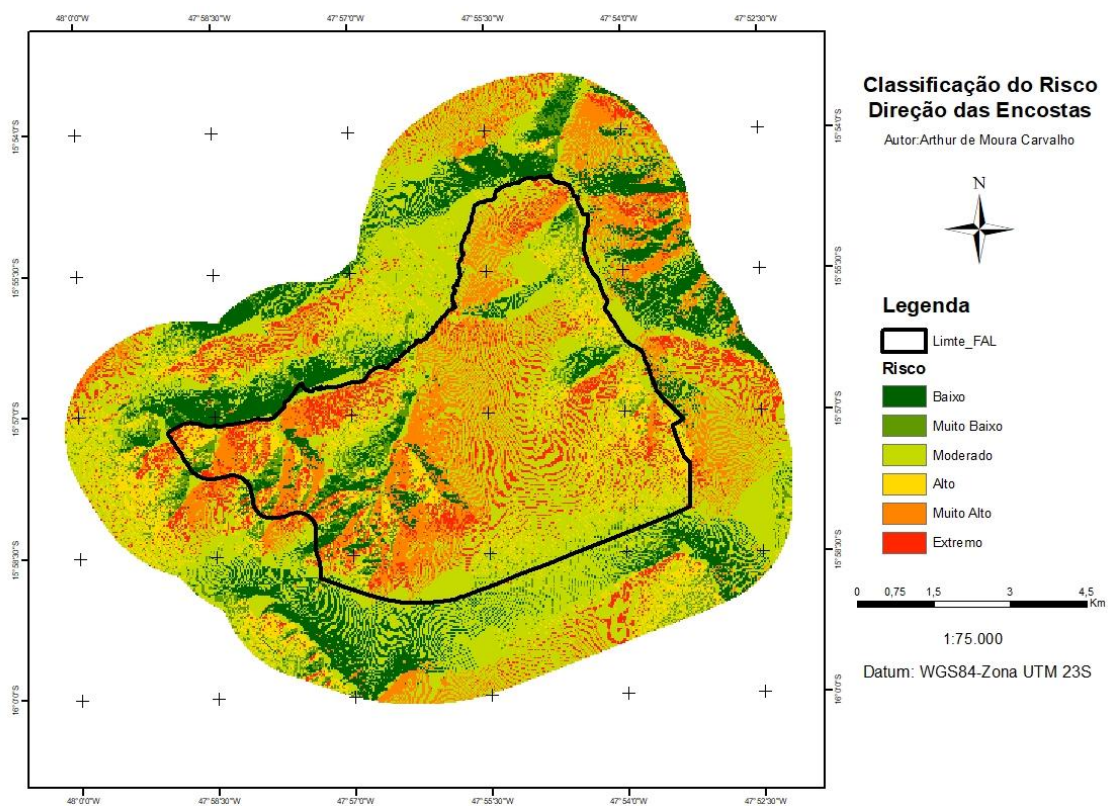


Figura 7 – Mapa de classificação do risco por meio da direção das encostas.

Quando se utiliza apenas a área da fazenda para a classificação do risco em relação à direção da encosta, se repete a alta frequência do risco moderado (45% - 1.900 ha) (tabela 11). As zonas de risco muito baixo (248,3 ha) e risco baixo (226,1 ha) totalizam um valor próximo a 10% da extensão completa da FAL. O risco muito alto (18,8%) apresentou a segunda maior área, com 803,4 ha, para o risco extremo a área foi de 554,7 ha e o risco alto 513 ha.

Tabela 11 – Áreas em função do risco por meio da direção das encostas para o limite da FAL.

<b>Risco</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>% da área total</b>
<b>Muito Baixo</b>	248,3	5,8
<b>Baixo</b>	226,1	5,3
<b>Moderado</b>	1.917,5	45,0
<b>Alto</b>	513,0	12,0
<b>Muito Alto</b>	803,4	18,8
<b>Extremo</b>	554,7	13,0

#### 5.1.5 Risco de Incêndio

O zoneamento de risco proposto neste estudo não se considerou fatores climáticos, ou mesmo a altitude. Por via disso, a realização do projeto não teve uma progressão temporal, nos meses ao longo do ano, já que não foram incluídas variações climáticas que ocorrem ao longo de cada ano.

Segundo Aguiar et al. (2015), para a aplicação do coeficiente para o zoneamento, é preciso considerar que a prevenção e combate dos incêndios florestais deve atuar nas causas do problema, evitando que os focos de calor iniciem. Concomitantemente, os recursos voltado à preservação, precisam ser investidos previamente à época de estiagem, ocorrendo desde o princípio, com educação ambiental, por exemplo (Pereira et al., 2004).

Dentro de uma Unidade de Conservação, como a FAL, o plano de prevenção e combate a incêndios deve trazer ações, tais como a manutenção de aceiros, a educação ambiental voltada para a conscientização, métodos de observação, fiscalização, comunicação, ferramentas e equipamentos de combate, atrelados a um bom grupo de brigadistas (FIEDLER et al., 2000). Com isso, pressupõem-se que o presente estudo é uma ferramenta a ser utilizada para o plano de prevenção e combate a incêndios, com determinação de áreas a terem atenção priorizada com base no grau de influência do risco no local, posto que a somatória dos mapas de risco permite uma visão completa de todos os fatores de risco em questão (Figura 8).

Nas área delimitada para a Fazenda Água Limpa foi evidenciado uma grande recorrência do risco alto (57,3%) e muito alto (33,1%). Esta soma demonstra que a região da FAL é uma zona de riscos elevados, totalizando aproximadamente 90% do total da fazenda (3853,4 ha). Conforme apresentado na tabela 12, os riscos baixo e extremo atingiram pequenas áreas, 1,7 ha e 118 ha, respectivamente. Por fim, o risco moderado apresentou cerca de 7% da área, com mais de 280 ha.

Tabela 12 – Áreas em função do risco de incêndio para o limite da FAL.

Risco	Área (ha)	% da área total
<b>Baixo</b>	1,7	0,04
<b>Moderado</b>	288,6	6,8
<b>Alto</b>	2.442,0	57,3
<b>Muito Alto</b>	1.411,8	33,1
<b>Extremo</b>	118,8	2,8

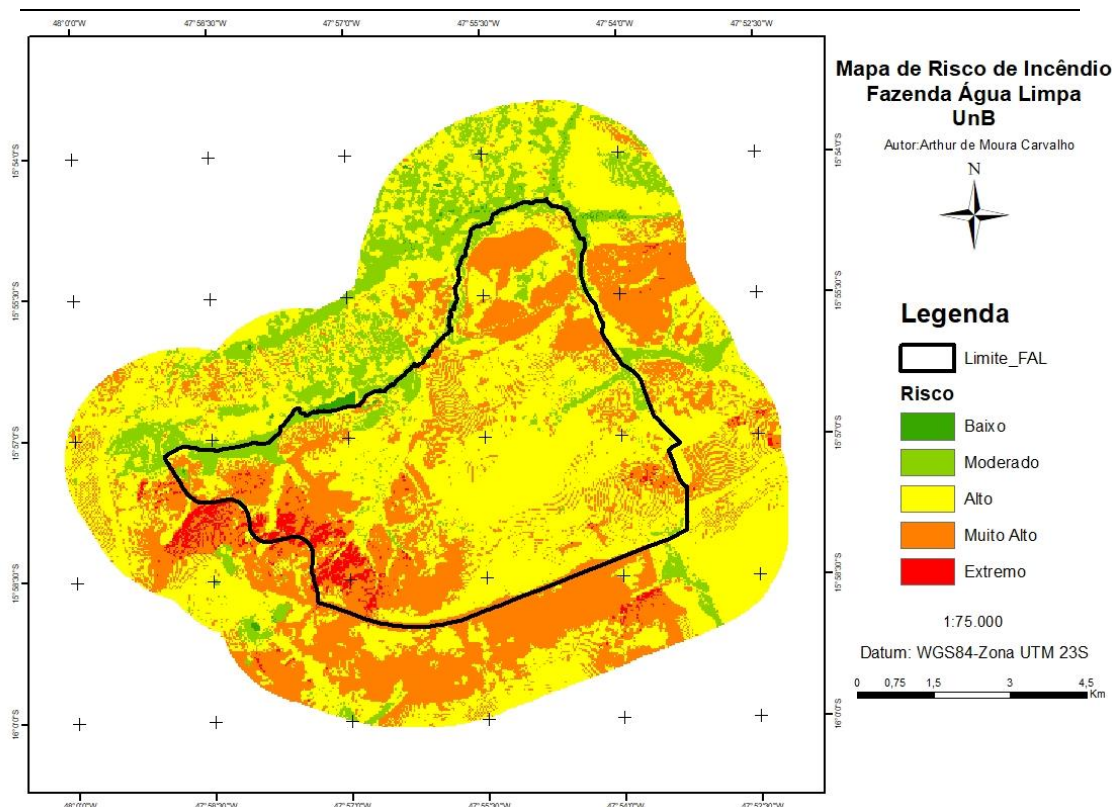


Figura 8 –Mapa de risco de incêndio na Fazenda água Limpa.

As classes com as menores aparições foram a de risco baixo (0,3%) e moderado (12,7%), com uma área de 35,2 ha distribuídos na parte norte nas matas de galeria e zonas urbanas. Áreas de risco extremo (1,8% - 200ha),

estão localizados na porção sudoeste, onde estão as maiores declividades, proximidade das estradas e áreas urbanas, com as encostas voltadas para o norte e com presença de formações campestre. Apesar de representados por pequenas áreas, estes resultados contradizem o encontrado por Kroposki (2011) e Ribeiro et al. (2008), que não identificaram a presença de risco extremo em suas áreas de estudo, mostrando com isso a relevância da área de estudo, a qual além de uma Unidade de Conservação também se apresenta como uma área de ensino, pesquisa e extensão. Os riscos identificados para as maiores áreas foram o alto (53,8%), com um pouco mais de 6.000ha, e muito alto (31,3%), compreendendo uma área de 3.571,5 ha, o que deve ser levado em consideração no plano de manejo do fogo na área.

Existem duas áreas prioritárias no presente estudo, uma localizada na parte sudoeste próxima ao limite com a fazenda, onde se apresenta com mais vigor os riscos muito alto e extremo, exigindo uma atenção considerável à área, tanto na vigilância, quanto nas práticas de conservação. A outra, na porção norte e nordeste da FAL, com a presença dos riscos muito alto e alto, em maior relevância.

É importante ressaltar que o zoneamento de risco do presente estudo não avaliou as variações decorrentes do clima, tais quais umidade do ar, precipitação, entre outros. Portanto, não foi influenciado pelas mudanças sazonais que ocorrem no decorrer de cada ano. Estas informações de variação temporal poderiam auxiliar na definição do Índice de Incêndio ao longo de cada ano, demonstrando os períodos mais secos ou com maiores ventos e definindo os meses de maiores perigos. Conforme Aguiar et al. (2015), pode haver a necessidade de alterações e ajustes nas variáveis e valores utilizados no zoneamento de risco, entretanto, essa ferramenta se mostra fundamental para a definição de estratégias de prevenção e combate, como a alocação de torres de observação e brigadas de incêndios. Este mesmo autor reforça que o controle de incêndios deve estar associado a prevenção, atuando em manutenção de aceiros, campanhas educativas, equipamentos, treinamento de brigadistas, comunicação e sistemas de vigilância.



Apesar de Kroposki (2011) e Ferraz e Vettorazzi (1998) elucidarem ser a parte mais sensível do projeto, tendo em vista que os mesmos não tinham registro dos incêndios, a presença da ocorrência de incêndios entre 1987 e 2017 na região nos permite validar a alta precisão da equação utilizada neste estudo. Os registros oficiais de focos de incêndio ocorreram com maior recorrência nas áreas de maiores riscos apontadas no presente estudo (Figura 9). Portanto, ao calcular a área abrangida por risco alto, muito alto e extremo que ocorreu incêndio, tenha este ocorrido ao menos uma vez a presença de fogo. Assim, podemos inferir que 6.795 ha da área mapeada com riscos foi de fato atingida por fogo: em aproximadamente 70% das áreas de risco alto, muito alto e extremo ocorreu ao menos um incêndio entre os anos de 1987 a 2017.

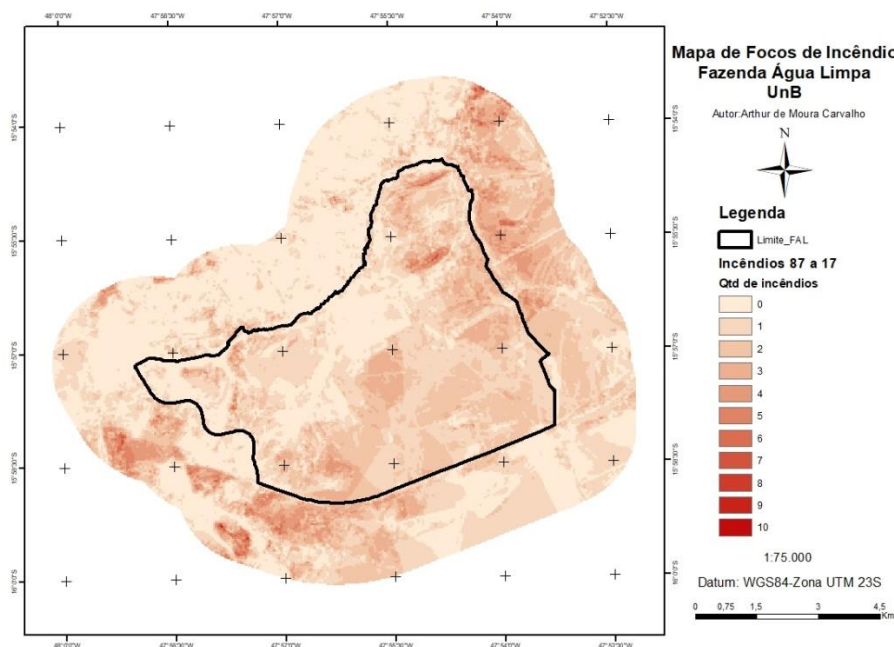


Figura 9 – Incêndios ocorridos na área da FAL de 1987 a 2017. Fonte: Souza, 2017.

## 5.2 Visibilidade

Para análise da visibilidade obteve-se a tabela 13 abaixo, que apresenta as áreas de visibilidade da atual torre com 43 m e 55m de altura, além disso, também as áreas somadas da torre atual com o acréscimo de duas novas torres. De tal modo, que se observou a visibilidade do solo, a 0 m, e a visibilidade da fumaça, a 10 m.

Tabela 13- Áreas de visibilidade das torres de observação de incêndio em relação à área total.

Alocação das Torres	Área não visível(ha)	Área visível(ha)	Área Visível(%)
Torre atual( 0 m)	8.232,63	3.285,13	28,52
Torre atual( 10 m)	4.039,47	7.478,29	64,93
Torre com 55m( 0 m)	7.611,16	3.906,61	33,92
Torre com 55m( 10 m)	3.292,91	8.224,86	71,41
Torres a mais ( 0 m)	3.838,20	7.679,555	66,68
Torres a mais ( 10 m)	585,07	10.932,69	94,92

Segundo Nogueira (2002), uma torre deve abranger uma área entre 8.000 e 15.000 ha, dependendo principalmente da topografia. Diante da dificuldade de obter uma cobertura de 100%. Com isso , estima-se nos estudos que uma visibilidade de 70 a 80% da área é aceitável.

O presente estudo estimou que a visibilidade da torre atual, com 43 m de altura, uma visibilidade em relação ao relevo de 28,52%, observando o solo, e uma visibilidade de aproximadamente 65% para a fumaça a 10 m de altura (Figuras 10 e 11), portanto insatisfatória, utilizando-se como referência o proposto por Soares (1985). Todavia, ao se considerar apenas a área da Fazenda Água Limpa (Tabela 14), têm-se uma melhora em ambos os aspectos, a nível do solo (0 m) alcança algo próximo de 1.300 ha (30,69%) e a 10 m um pouco menos que 3.200 ha, atingindo 74,92%, uma visibilidade aceitável.

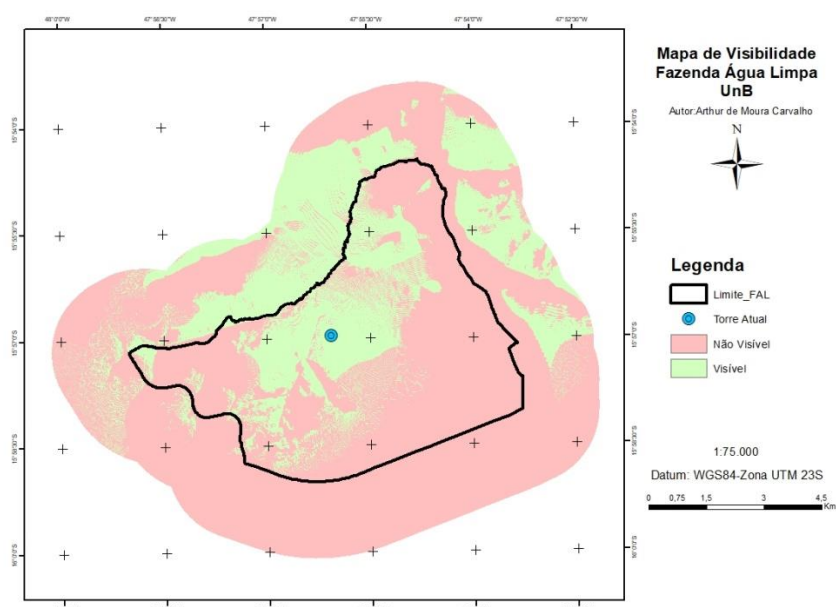


Figura 10- Mapa de visibilidade do nível do solo (0m) a partir da torre atual.

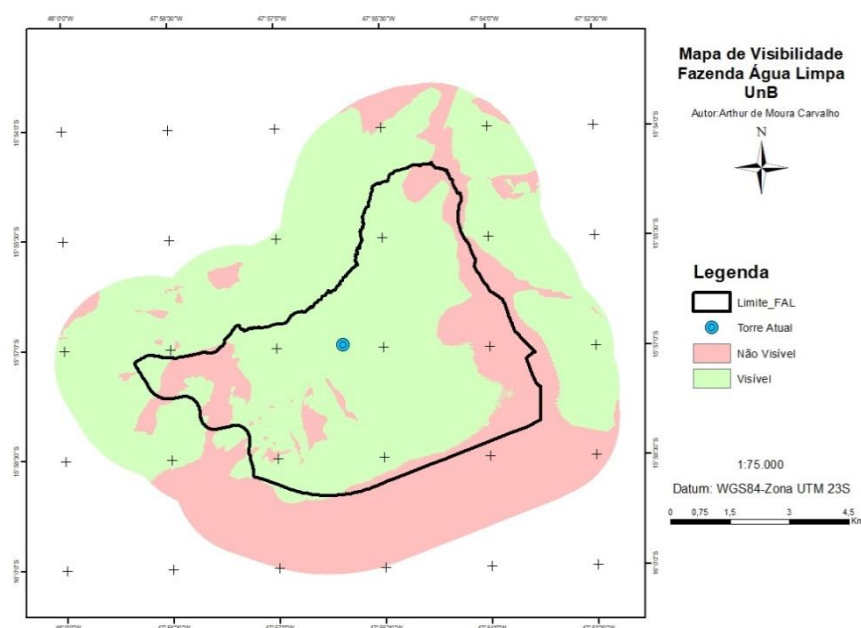


Figura 11- Mapa de visibilidade da fumaça (10m) a partir da torre atual.

Aliado a essa informação, definiu-se a área de visibilidade levando em consideração os limites da Fazenda Água Limpa, conforme tabela abaixo.

Tabela 14 – Áreas de visibilidade nos limites da FAL.

Alocação das Torres	Área não visível(ha)	Área visível(ha)	Área Visível(%)
<b>Torre atual( 0 m)</b>	2.954,72	1.308,18	30,69
<b>Torre atual( 10 m)</b>	1.069,22	3.193,68	74,92
<b>Torre com 55m( 0 m)</b>	2.693,63	1.569,28	36,81
<b>Torre com 55m( 10 m)</b>	686,87	3.576,04	83,89
<b>Torres a mais ( 0 m)</b>	1.441,33	2.821,58	66,19
<b>Torres a mais ( 10 m)</b>	173,99	4.088,91	95,92

Os resultados deste estudo, evidenciam uma melhora no campo de visada em relação ao aumento da altura da atual torre para 55 m (Figuras 12 e 13). Entretanto, não foi considerada uma mudança grande e significativa. A atual torre com 55 m obteria uma visibilidade ao nível do solo de um pouco mais de 3.900 ha (33,92%) e uma visibilidade da fumaça em 8.224,86 ha (71,41%), uma área considerada satisfatória. Ao restringir a área ao limite da



FAL, observa-se uma melhora no campo visual da torre de 55 m, cobrindo cerca de 37% de alcance no solo e 84% a 10 m de elevação (Tabela 14).

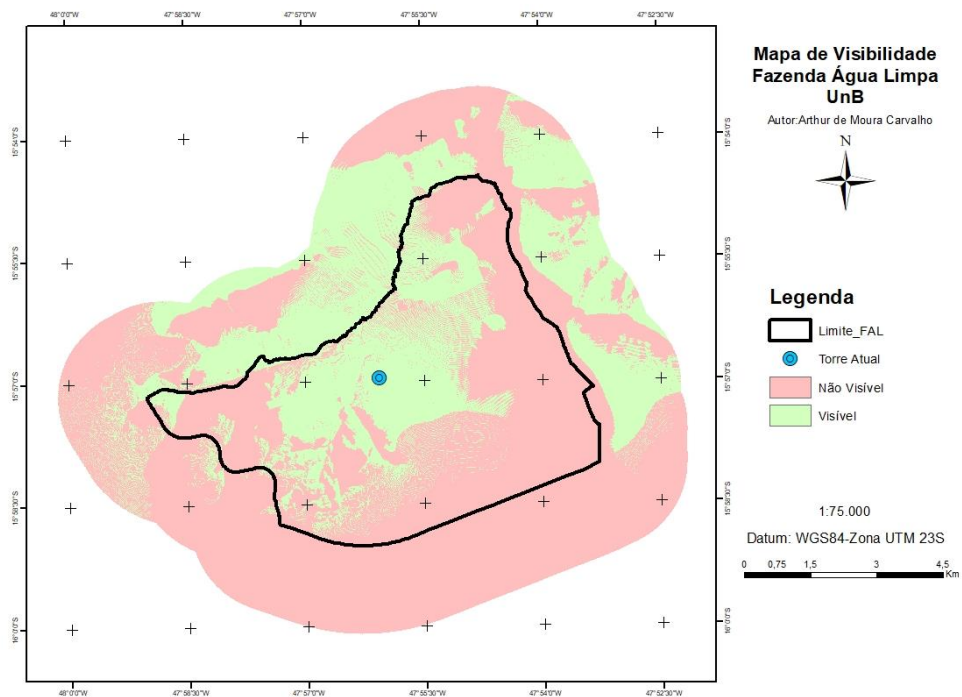


Figura 12 - Mapa de visibilidade do nível do solo (0m) a partir da torre atual com um aumento para 55m.

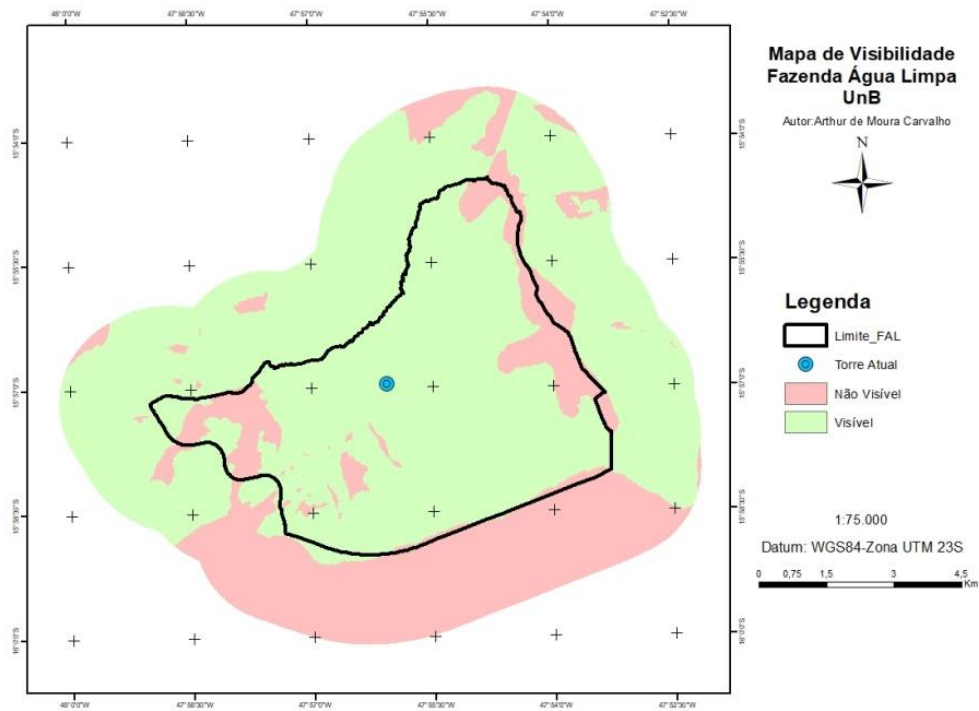


Figura 13 - Mapa de visibilidade da fumaça (10m) a partir da torre atual com um aumento para 55m.

Por fim, analisou-se a implementação de duas novas torres, as quais estão definidas nas figuras 14 e 15 como torres futuras. Contudo, foi registrado uma área de visibilidade de 7.679,56 ha (66,7%) para o nível do solo e a fumaça obteve uma visibilidade de 10932,69 ha, atingindo uma visibilidade total de 94,92% da área, algo muito expressivo. Valores um pouco maiores podem ser encontrados ao se analisar apenas a área da FAL, onde a 10 m de altura pode visualizar 95,92% do território da fazenda.

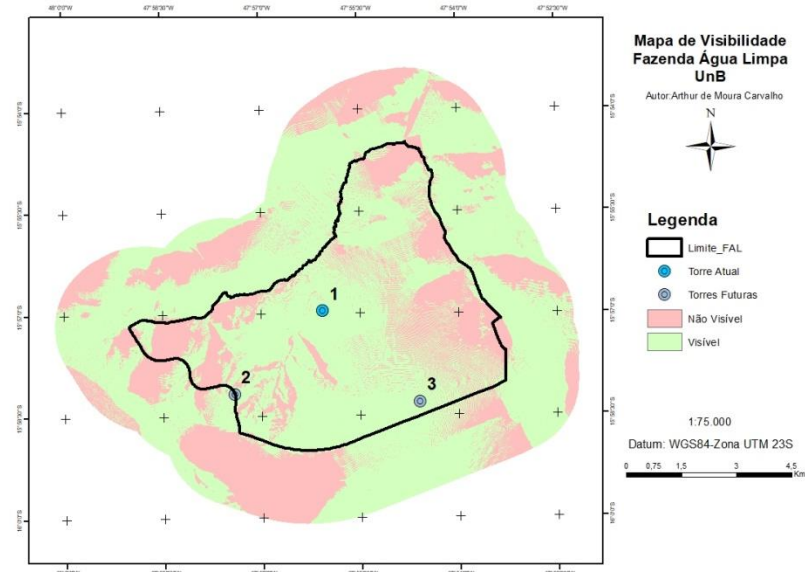


Figura 14- Mapa de visibilidade do nível do solo (0m) a partir da implementação de novas torres e da atual.

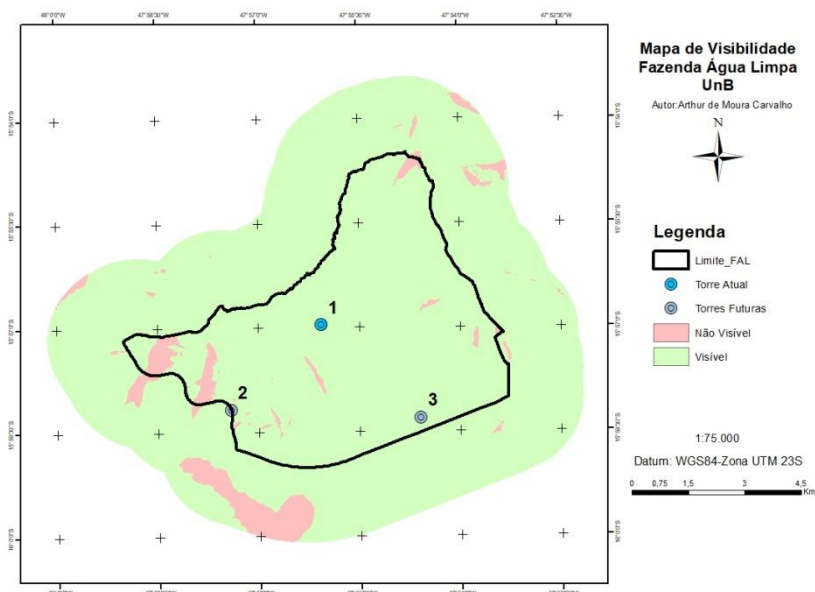


Figura 15- Mapa de visibilidade da fumaça (10m) a partir da implementação de novas torres e da atual.

É cabível salientar que no presente estudo as novas torres de incêndio foram definidas próximas às estradas, nos locais mais altos e analiando a topografia. Ademais, além dos critérios utilizados, a implementação pode depender do clima, do material combustível e do tipo de vegetação. Ainda pode ser um critério de análise, as alturas diferentes para cada torre, as alturas dos pontos a serem observados, os ângulos horizontais (azimutes), os ângulos verticais e os raio de visão (Venturi, 2006).

Todavia, também foi comparada a área de visibilidade em relação às zonas de risco, de modo a se analisar a capacidade de visão das zonas de risco alta, muito alta e extrema, apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 15 – Área de visibilidade das zonas de risco alta, muito alta e extrema.

<b>Alocação das Torres</b>	<b>Área não visível(ha)</b>	<b>Área visível(ha)</b>	<b>Área Visível(%)</b>
<b>Torre atual( 0 m)</b>	8.797,95	2.587,95	22,73
<b>Torre atual( 10 m)</b>	5.068,44	6.317,46	55,48
<b>Torre com 55m( 0 m)</b>	8.262,99	3.122,91	27,43
<b>Torre com 55m( 10 m)</b>	4.386,51	6.999,39	61,47
<b>Torres a mais ( 0 m)</b>	4.770	6.615,9	58,11
<b>Torres a mais ( 10 m)</b>	1.974,69	9.411,21	82,66

Notou-se uma melhor visibilidade das três torres juntas, com aproximadamente 58% de visão do solo, com os riscos maiores ou iguais a 3 e aproximadamente 82% da fumaça. A torre de 55 m na mesma localização da atual, apresentou uma área levemente maior que a já instalada, alcançando um valor próximo a 7.000 ha (61,47%) das áreas de risco alto, muito alto e extremo, ao passo que a torre atual é capaz de observar 6.317,46 ha (55,48%). Logo, a alocação de duas novas torres considerando a visão na altura da fumaça é a única opção a qual apresenta uma visibilidade satisfatória das maiores classes de risco.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a metodologia aplicada foi eficaz para a determinação de local ótimo para a implantação das torres de vigilância de

incêndios. O aperfeiçoamento da determinação geográfica dos locais ótimos das torres garantiram uma maior cobertura da visibilidade por meio da determinação dos melhores locais a serem instaladas as torres, utilizando-se com critérios: topografia, altimetria, incidência do sol, o material combustível e o tipo de vegetação. Tais parâmetros permitiram a análise correta do risco de incêndio da região e demonstrou sua importância na prevenção e combate ao fogo, em razão de expressar as classes de risco de forma espacial o que torna mais fácil a elaboração de estratégias para o controle e combate de incêndios florestais.

Foi possível detectar duas regiões prioritárias na área estudada, uma delas localizada na parte sudoeste próxima ao limite com a FAL, onde se apresenta com mais vigor os riscos muito alto e extremo, carecendo de uma maior atenção, tanto na vigilância, quanto nas práticas de conservação. A outra, na porção norte e nordeste da fazenda, com maior presença dos riscos muito alto e alto.

Para o presente estudo, a torre já existente possui uma visibilidade regular das áreas de maior risco. Localizada na parte mais central do terreno, esta torre possui um bom campo de visão analisando a visada da fumaça a 10 m de altura. Entretanto, a instalação de duas novas torres, com maior visibilidade que a torre atual, irá trazer um aumento de 30 pontos no percentual de visibilidade do solo e cerca de 20 pontos no percentual da visibilidade da fumaça. A torre atual ampliada para 55 m acaba por gerar um aumento inferior a 10% de abrangência da visibilidade, desse modo, não se tornando uma opção viável.

Neste estudo, foi possível demonstrar a partir dos resultados encontrados a importância da aplicação dos sistemas de informações geográficas, geoprocessamento e modelagem espacial na otimização da prevenção e no combate aos incêndios. Essas ferramentas conseguiram definir os locais de maior risco de incêndio, reduzindo o custo da implementação das torres de observação e, também, otimizando a capacidade de acompanhar os incêndios. Portanto, a metodologia proposta poderá auxiliar tanto no planejamento quanto no combate de incêndios florestais na FAL.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. D.; SANTOS, L. F. M.; MATRICARDI, E. A. T.; BATISTA, I. X. Zoneamento de risco de incêndios florestais no parque nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 1943-1957. 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ASSIS, F. R. V., MENDONÇA, I. F. C., SILVA, J. E. R., LIMA, J. R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 133 - 142, jan. / mar. 2014.
- CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I.A.; BATALHA, M.A. Aboveground biomass of functional groups in the ground layer of savannas under different fire frequencies. Australian Journal of Botany, v.58, n.3, p.169-174, 2010.
- COSTA, E. P. Diagnóstico das áreas de risco de incêndios florestais na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) e entorno, Distrito Federal. DF.2006
- FAL – Fazenda Água Limpa-UnB.Apresentação. 2019. Disponível em:[www.fal.unb.br](http://www.fal.unb.br). Acesso em: 02/10/2019.
- FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu da Chapada Pratinha, Brasil. Acta Botânica Brasileira, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 243-254, Aug. 2001.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na chapada do espigão mestre do São Francisco. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 152p. p.74-79.
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 53, p. 39 - 48, 1998.
- FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. In: Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra. IBAMA, Brasília, 67 p., 2002.
- FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.; VENTUROLI, F. Efeito de um incêndio florestal na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na Fazenda Água Limpa- DF. Revista Árvore, Viçosa, v. 28, n. 1, p.129-138, 2004.
- GDF – Governo do Distrito Federal. Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF). Brasília, Distrito Federal. 2009. Disponível em: <http://www.zee.df.gov.br>.
- GPRAM – Grupamento de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Distrito Federal. Ocorrências de incêndios florestais no Distrito Federal. Brasília, Distrito Federal. 2015.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of brazilian Cerrado. Conservation Biology, v. 19, n. 3, p. 707–713. 2005.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M.P.; GOLDAMMER, J.G.; BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do parque estadual do cerrado (PR). FLORESTA, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 551-562, jul./set. 2011.

LIMA, A. M. Zoneamento de risco de incêndios no Distrito Federal. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, 2017. 58p.

MENDONÇA, R. C. de.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C. da.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. de S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. de.; Ribeiro, J. F. (eds.) Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. v.2. p. 421 – 442. 2008.

Miranda, H.S., 2010. Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo. IBAMA, Brasília-DF.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; ANDRADE, S.M.A.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H.C. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In: AGUIAR, L.M.S., CAMARGO, A.J.A. (Eds.). Cerrado: ecologia e caracterização. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2004. p.69-123.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The Fire Factor. In Oliveira, P.S. e Marquis, R. J., eds., The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna, pp. 51-68. 2002.

MOREIRA, P. A. G.; MENDES, T. A.; SANTOS, D. F. Avaliação de locais potenciais para instalação de torres de observação para prevenção de risco de incêndios florestais. Ci. Fl., Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1266-1282, out./dez. 2020

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. Acta Botanica Brasilica. v.19, n.4, p.979-988, 2005.

NOGUEIRA, G.S.; RIBEIRO, G.A.; RIBEIRO, C.A.A.S.; SILVA, E.P. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. Revista Árvore, Viçosa-MG Vol 26, No 3, Junho 2002.

OLIVEIRA, D.S.; Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

OLIVEIRA, E. G.; Mapa de risco e propagação de incêndios florestais no Parque Nacional de Brasília. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental da Universidade de Brasília. Dezembro, 2012.

PEREIRA, C. A.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Análise de ações de prevenção e combate aos incêndios florestais em Unidades de Conservação do Cerrado. Floresta, Curitiba, PR, v. 34, n. 2, p. 95-100, mai. - ago., 2004.

RIBEIRO, J.F, WALTER, B.M.T. As principais fitofisnomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.213-228.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). *Floresta*, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561 - 570. 2008.

RIOS, M.N.S. Dinâmica de comunidades vegetais em Cerrado típico com histórico de fogo no Distrito Federal. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. PPGEFL.TD065/2016, Programa de pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 160 p. 2016

SILVA, D.M.; LOIOLA, P.P.; ROSATTI, N.B.; SILVA, I.A.; CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M.A. Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: considerações para a conservação da diversidade. *Biodiversidade Brasileira*, Ano 1, n.2, p.26-39, 2011.

SILVA, L. G. Comportamento e efeito do fogo sobre os ecossistemas do bioma cerrado: modelos baseados em processos. 2018. xi, 112 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. O. A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente sig, na bacia do rio Corumbataí, SP. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.259-268, 2008.

SOARES, R. V; BATISTA, A.C. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2007. 264 p.

SOARES, R. V. Prevenção e controle de incêndios florestais. Curitiba: Ed.FUPEF, 1984.

SOARES, R. V. Incêndios florestais – controle e uso do fogo. Curitiba: Fundação de Pesquisa florestal do Paraná, 1985. 213 p.

SOUZA, Y. F. INCÊNDIOS FLORESTAIS NO DISTRITO FEDERAL ENTRE 1987 E 2017,. Total de f. 35 Monografia – Universidade de Brasília, Engenharia Florestal. Brasília-DF, Dezembro, 2017

TORRES, F.T.P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G.S.; MARTINS, S.V.; FARIA, A. L. L. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. *Floresta e Ambiente*. 2017;10 p.

UNESCO. Vegetação no Distrito Federal - Tempo e Espaço. Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado. Brasília, 2ed., 80 p., 2002. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001316/131644POR.pdf> Aceso em: 21/09/2019.

VENTURI, N. L. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância a incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. Tese de mestrado em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. 120p. 2006.

WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. Tese de Doutorado em Ecologia. 2006. Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, DF, 398 p.